



---

**Comisión de Regulación  
de Energía y Gas**

**MANUAL DE USUARIO  
PROGRAMA P\_NEP V1.0**

## 1. INTRODUCCIÓN

El programa P\_NEP v.1.0 es un programa creado por la Comisión de Regulación de Energía y Gas – CREG, que permite a los agentes generadores calcular **el Nivel ENFICC Probabilístico** de las plantas hidráulicas con Obligaciones de Energía Firme, conforme a lo establecido en la Resolución CREG 036 de 2010.

Para su utilización solamente se necesita un computador con el programa Microsoft Access 2007 instalado. A continuación se describe la forma como se debe utilizar el programa.

## 2. VALORES EQUIVALENTES

El cálculo del NEP para todas las plantas, incluyendo las que hacen parte de una cadena o tienen varios embalses asociados, se realiza utilizando un modelo simplificado compuesto únicamente por una planta y un embalse equivalentes. Por lo anterior, los datos que se ingresan al programa son valores equivalentes, que se calculan de la siguiente forma:

- a) **Volumen mínimo técnico del embalse equivalente, en  $\text{hm}^3$ .**  
Es igual a la suma, en agua, de todos los niveles mínimos técnicos de los embalses pertenecientes a la cadena.
- b) **Volumen máximo técnico del embalse equivalente, en  $\text{hm}^3$ .**  
Suma, en agua, de los máximos técnicos de todos los embalses pertenecientes a la cadena.
- c) **Curva Guía inferior equivalente, en  $\text{hm}^3$ .**  
Suma, en agua, de las curvas guía inferiores de todos los embalses pertenecientes a la cadena.
- d) **Curva Guía superior equivalente, en  $\text{hm}^3$ .**  
Suma, en agua, de las curvas guía superiores de todos los embalses pertenecientes a la cadena.
- e) **Factor de conversión del agua turbinada en energía eléctrica, en  $\text{MW} / \text{m}^3/\text{s}$ .**  
Se calcula sumando todos los factores de conversión de las plantas que hagan parte de la cadena.
- f) **ENFICC equivalente, en  $\text{kWh} / \text{día}$ .**  
ENFICC base agregada de la cadena.

**g) Aportes equivalentes.**

Los aportes equivalentes se calculan conforme a la siguiente fórmula:

$$A_{e,m} = \sum_{i=1}^{EMB_e} (V_{i,m+1} - V_{i,m}) + \frac{\sum_{j=1}^{PLA_e} T_{j,m}}{PLA_e} + VE_{e,m}$$

Donde

|            |                                                                                                                                                                                |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A_{e,m}$  | Aportes que recibe el embalse equivalente e en el mes m.                                                                                                                       |
| $EMB_e$    | Número de embalses reunidos en el embalse equivalente e.                                                                                                                       |
| $V_{i,m}$  | Volumen almacenado en el embalse i al inicio del mes m resultante del modelo HIDENFICC.                                                                                        |
| $PLA_e$    | Número de plantas asociadas al embalse equivalente e.                                                                                                                          |
| $T_{j,m}$  | Turbinamiento de la planta j en el mes m resultante del modelo HIDENFICC.                                                                                                      |
| $VE_{e,m}$ | Vertimientos de todos los embalses reunidos en el embalse equivalente e que no desembocan en otros embalses u plantas asociadas resultantes del modelo HIDENFICC, en el mes m. |
| m          | Mes para el cual se tiene la información histórica de los aportes de todos las plantas y embalses asociados al embalse equivalente e.                                          |

**h) Nivel de Probabilidad de Vertimiento equivalente, en % del volumen útil agregado.**

El Nivel de Probabilidad de Vertimiento (NPV de aquí en adelante) equivalente, para cada mes del año, se calcula como el promedio ponderado por volumen útil (en agua) de los NPV declarados<sup>1</sup> por el agente para los embalses pertenecientes a la cadena.

Es importante resaltar que para calcular los valores equivalentes descritos anteriormente, solamente pueden ser incluidos plantas y embalses del mismo agente. Lo anterior es por efecto de ser consecuente con la forma como se calcula la ENFICC de las plantas en el SIN.

### **3. CALCULO DE LOS NEP**

El NEP se calcula mediante los siguientes pasos:

---

<sup>1</sup> Los NPV son declarados por el agente como porcentaje del volumen útil conforme a la Resolución CREG 036 de 2010.

**a) Cálculo del nivel mínimo necesario para generar la ENFICC.**

El nivel mínimo necesario para generar la ENFICC es un valor que se calcula para cada mes del periodo comprendido entre  $m_1$  y  $m_{N-11}$ , donde  $m_1$  es el primer mes del que se tenga historia de los aportes equivalentes y  $N$  es el número de meses de los que se dispone de historia. Su cálculo para cada mes se realiza resolviendo el siguiente problema de optimización:

$$\min V_{e,m}$$

s.a.

$$i. \quad V_{e,m+n+1} = A_{e,m+n} + V_{e,m+n} - VE_{e,m+n} - T_{e,m+n}$$

$$ii. \quad V_{e,m+n} \leq Vmax_e$$

$$iii. \quad T_{e,m+n} \times FC_e \geq ENFICC_{e,m+n}$$

$$iv. \quad T_{e,m+n} \leq Tmax_{e,m+n}$$

$$v. \quad V_{e,m+n} \geq CG_{e,m+n} - \Delta \times Vmax_e$$

Para todo  $n = 0, 1, 2, \dots, 11$ .

Donde

|                  |                                                                                                                 |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $V_{e,m}$        | Volumen útil almacenado al inicio del mes $m$ en el embalse equivalente $e$ .                                   |
| $A_{e,m+n}$      | Aportes en el mes $m + n$ del embalse equivalente $e$ .                                                         |
| $T_{e,m+n}$      | Turbinamiento de la planta equivalente asociada al embalse $e$ en el mes $m + n$ .                              |
| $Vmax_e$         | Volumen útil máximo del embalse equivalente $e$ .                                                               |
| $FC_e$           | Factor de conversión del agua turbinada en energía generada, de la planta equivalente asociada al embalse $e$ . |
| $ENFICC_{e,m+n}$ | ENFICC de la planta equivalente $e$ en el mes $m+n$ .                                                           |
| $Tmax_e$         | Turbinamiento máximo de la planta equivalente asociada al embalse $e$ en el mes $m + n$ .                       |
| $CG_{e,m+n}$     | Curva guía inferior correspondiente para el mes $m + n$ del embalse equivalente $e$ .                           |
| $\Delta$         | Variable igual a 0.0001, cuya función es la de evitar problemas producto de redondeo en los valores numéricos.  |

**b) Cálculo del NEP para el primer día de cada mes del año.**

El procedimiento anterior arroja como resultado un valor del nivel mínimo necesario para calcular la ENFICC para casi todos los meses de que se disponga registros de los aportes<sup>2</sup>. Posteriormente, se procede a calcular el máximo de dichos valores para cada mes del año (enero, febrero, ...). Por último, los valores resultantes del paso anterior se acotan al valor del Nivel de Probabilidad de Vertimiento, con lo que se obtiene el NEP del primer día de cada mes.

Nótese que, a diferencia de las curvas guía de los embalses, la restricción del Nivel de Probabilidad de Vertimiento no se incluye dentro de la optimización. La razón de lo anterior es que dicha restricción no está incluida en el modelo HIDENTICC, por lo que si se incluye en la optimización podría generar que en algunos meses no se encontrara ninguna solución viable.

**c) Interpolación del NEP para el resto de días del mes.**

El P\_NEP v.1.0 solamente calcula los NEP del primer día de cada mes del año. Para calcular el NEP del resto de días se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$NEP_{m,d} = EE \times \max \left( NM_m, \min \left( NPV_m, \frac{N_{m+1,1} - N_{m,1}}{ND_m} \times (d - 1) + N_{m,1} \right) \right)$$

Donde

|             |                                                                                                                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $NEP_{m,d}$ | Nivel ENFICC probabilístico para el día d del mes m, en MWh.                                                                                                                          |
| $EE$        | Máximo volumen útil del (los) embalse(s) en MWh.                                                                                                                                      |
| $N_{m,d}$   | Nivel ENFICC probabilístico, como porcentaje del volumen útil del (los) embalse(s), para el día d del mes m. Calculado según metodología descrita en el Documento CREG-106A de 2009.  |
| $NM_m$      | Curva Guía Mínima del (los) embalse(s), como porcentaje del volumen útil, reportado por los agentes en la última declaración de parámetros para el cálculo de la ENFICC, en el mes m. |

---

<sup>2</sup> Los últimos 11 meses de los que se disponga historia no tienen un nivel mínimo para generar la ENFICC.

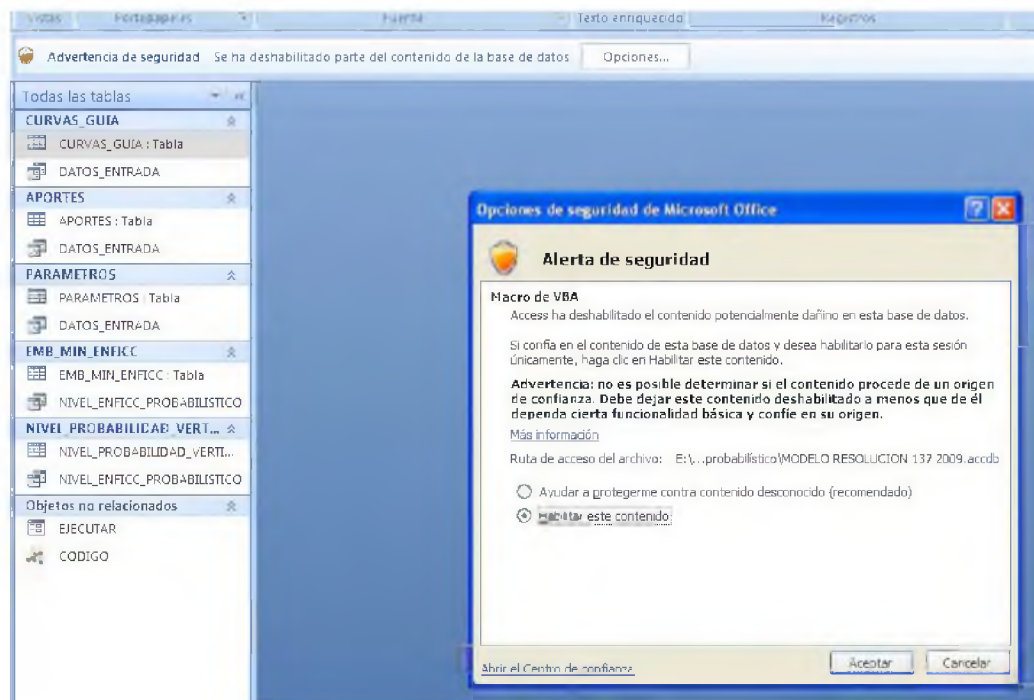
|         |                                                                                                                         |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $NPV_m$ | Nivel de Probabilidad de Vertimiento equivalente, como porcentaje del volumen útil del (los) embalse(s), para el mes m. |
| $ND_m$  | Número de días del mes m.                                                                                               |
| d       | Número del día del mes.                                                                                                 |

#### 4. OPERACIÓN DEL PROGRAMA

A continuación se presentan los pasos que se deben seguir para ingresar los datos y calcular los NEP:

##### a) Inicio del programa

El programa se inicia abriendo el archivo P\_NEP\_V1.accdb con Microsoft Access 2007. Una vez abierto se pueden observar en la parte izquierda las tablas, consultas, módulos y formularios que componen el programa. Adicionalmente, en la parte superior se informa al usuario una advertencia de seguridad que indica que parte del contenido del programa ha sido deshabilitado. El primer paso a seguir es pulsar el botón “Opciones” y habilitar el contenido bloqueado, como se presenta en la siguiente imagen:



## b) Ingreso de los datos.

Los datos se ingresan al programa P\_NEP V1.0 mediante las siguientes cuatro tablas: CURVAS\_GUIA, APORTES, PARAMETROS y NIVEL\_PROBABILIDAD\_VERTIMIENTO. Es importante aclarar que **todos los datos que se ingresen de una planta** corresponden a los valores equivalentes calculados conforme al numeral 2 de este documento. A continuación se describe la información que se debe ingresar en cada campo de las tablas:

a) **CURVAS\_GUIA.** Tabla en la que se ingresan todos los valores correspondientes a la curva guía.

- i. **Id:** Valor auto-numérico. No debe ser ingresado por el usuario.
- ii. **PLANTA:** Nombre de la planta.
- iii. **MES:** Número del mes del año: 1 (Enero), 2 (Febrero), ..., 12 (Diciembre).
- iv. **CURVA\_GUIA\_INFERIOR:** Curva guía inferior del embalse agregado en hm3 (Hectómetros cúbicos).
- v. **CURVA\_GUIA\_SUPERIOR:** Curva guía superior del embalse agregado en hm3 (Hectómetros cúbicos).

b) **APORTES.** Tabla en la que se ingresan los aportes de la planta.

- i. **Id:** Valor auto-numérico. No debe ser ingresado por el usuario.
- ii. **PLANTA:** Nombre de la planta.
- iii. **FECHA:** Fecha del primer día del mes respectivo.
- iv. **APORTES:** Aportes de la planta en el mes. En hm3 (Hectómetros cúbicos).

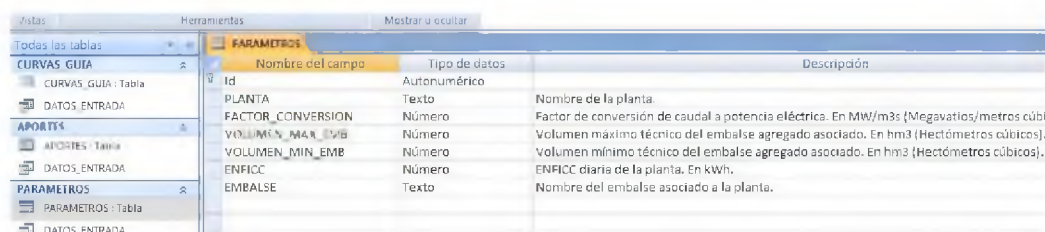
c) **PARAMETROS.** Tabla en la que se ingresan los parámetros de la planta y el embalse agregado asociado.

- i. **Id:** Valor auto-numérico. No debe ser ingresado por el usuario.
- ii. **PLANTA:** Nombre de la planta.
- iii. **FACTOR\_CONVERSION:** Factor de conversión de caudal a potencia eléctrica. En MW/m3s (Megavatios/metros cúbicos por segundo).
- iv. **VOLUMEN\_MAX\_EMB:** Volumen máximo técnico del embalse agregado asociado. En hm3 (Hectómetros cúbicos).
- v. **VOLUMEN\_MIN\_EMB:** Volumen mínimo técnico del embalse agregado asociado. En hm3 (Hectómetros cúbicos).
- vi. **ENFICC:** ENFICC diaria de la planta. En kWh.
- vii. **EMBALSE:** Nombre del embalse asociado a la planta.

d) **CURVAS\_GUIA.** Tabla en la que se ingresan los valores del Nivel de Probabilidad de Vertimiento.

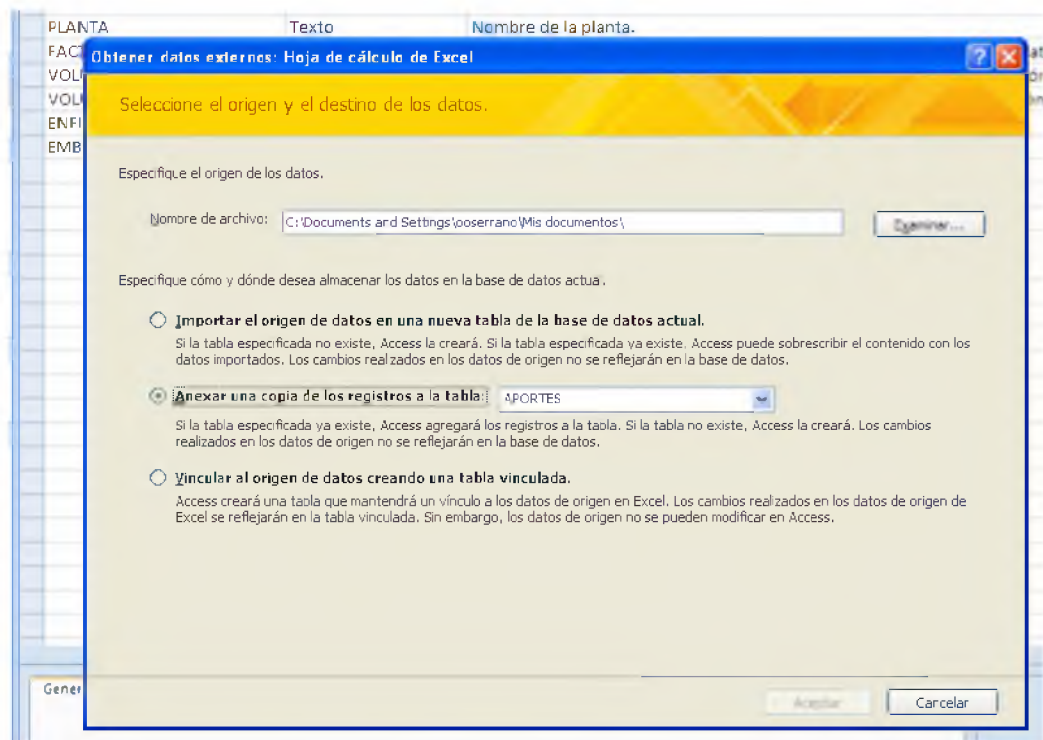
- i. **Id:** Valor auto-numérico. No debe ser ingresado por el usuario.
- ii. **PLANTA:** Nombre de la planta.
- iii. **MES:** Número del mes del año: 1 (Enero), 2 (Febrero), ..., 12 (Diciembre).
- iv. **NPV:** Nivel de Probabilidad de Vertimiento. En por unidad, con máximo 2 decimales.

La información de todos los campos de las tablas descritas anteriormente se puede observar en el programa seleccionando la tabla, abriendo el menú del segundo botón del ratón, y seleccionando la vista “diseño”, como se muestra a continuación:



| Nombre del campo  | Tipo de datos | Descripción                                                                                 |
|-------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| Id                | Autonumérico  |                                                                                             |
| PLANTA            | Texto         | Nombre de la planta.                                                                        |
| FACTOR_CONVERSION | Número        | Factor de conversión de caudal a potencia eléctrica. En MW/m3s (Megavatios/metros cúbicos). |
| VOLUMEN_MAX_EMB   | Número        | Volumen máximo técnico del embalse agregado asociado. En hm3 (Hectómetros cúbicos).         |
| VOLUMEN_MIN_EMB   | Número        | Volumen mínimo técnico del embalse agregado asociado. En hm3 (Hectómetros cúbicos).         |
| ENFICC            | Número        | ENFICC diaria de la planta. En kWh.                                                         |
| EMBALSE           | Texto         | Nombre del embalse asociado a la planta.                                                    |

Adicionalmente, una forma fácil de ingresar los datos es importarlos desde un archivo de Microsoft Excel. Para lo cual, se debe seleccionar cualquier tabla, abrir el menú del segundo botón del ratón y seleccionar Importar – Excel – Adjuntar una copia de los registros a la tabla, como se ilustra a continuación:



### c) Ejecutar el programa

Para ejecutar el programa se abre el formulario “EJECUTAR” y se pulsa el botón “CALCULAR NEP”.

### d) Visualización de los resultados

Los resultados del NEP para el primer día de cada mes, como porcentaje del volumen útil, se pueden visualizar abriendo la vista “NIVEL\_ENFICC\_PROBABILISTICO”.